Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 337-346

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۴۶-۳۳۷

ارزیابی و انتخاب مدل پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور MF399 (مطالعه موردی: منطقه پارس‌آباد مغان)

سعید عباسی[1*]، امن اله شکری[2]، محمد غلامی پرشکوهی[3]، سید محسن سیدان[4]، علیمحمد جعفری[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

چکیده

برنامه‌ریزی در امور زراعی بدون بودجه‌ریزی سالیانه در مورد اقلام مربوط به نهاده‌های مختلف، اثربخش نیست. در میان نهاده‌های مختلف تولید، مصرف انرژی سهم قابل‌توجهی در هزینه‌های تولیدات کشاورزی داشته و پیش‌بینی آن نیازمند ابزار علمی دقیق می‌باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی و تعیین مدل پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در تراکتور MF-399 در شهرستان پارس‌آباد مغان بر اساس پارامترهای زراعی و ماشینی در انجام عملیات مکانیزه گندم آبی انجام شد. در این مطالعه، میزان مصرف سوخت دیزل در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته و اندازه سطح زیرکشت گندم آبی (هکتار) به‌همراه عملکرد زمانی تراکتور در انجام عملیات زراعی به‌عنوان متغیرهای مستقل در ارزیابی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از بررسی و آزمون دو مدل کاب داگلاس و متعالی بر اساس معیارهای آماری و اقتصادسنجی، مدل کاب- داگلاس با چهار متغیر مستقل به‌عنوان بهترین مدل به‌منظور پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل انتخاب گردید. در این مدل ضریب تبیین تعدیل شده برابر ۰/۷۶ و درصد میانگین مطلق خطا برابر ۰/۹۳ درصد تخمین زده شده است. در مدل یاد شده متغیر سطح زیرکشت دارای ضریب منفی و برابر با ۰/۰۱۲ بود، که نشان داد به‌ازای افزایش هر یک درصد در سطح زیرکشت، مصرف سوخت به میزان ۰/۰۱۲ درصد کاهش می‌یابد. زمان‌های صرف شده برای عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت دارای ضریب مثبت در مصرف سوخت بود. این ضرایب نشان داد که در ازای افزایش هر یک درصد در زمان عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت مصرف سوخت به‌ترتیب به میزان ۰/۶، ۰/۰۴ و ۰/۰۸ درصد افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: زمان عملیات، سطح زیرکشت، سوخت دیزل، گندم آبی، مدل کاب- داگلاس

مقدمه

بـه مـوازات پیشـرفت علمـی در جوامـع بشـری، مکانیزاسـیون کشاورزی نیز از این حرکت تاثیر گرفته و لـزوم اسـتفاده از روش‌هـا و ابزارهای علمی در برنامه‌ریزی‌های تولید را ضروری سـاخته اسـت. در این راستا، پیش‌بینی مصرف سوخت در تولید محصولات مختلـف بـه چند دلیل دارای اهمیت مـی‌باشـد؛ اول ایـن‌کـه، برنامـه‌ریـزی تولیـد محصولات کشاورزی بـدون بودجـه‌ریـزی سـالیانه در مـورد یکـی از نهاده‌های هزینه‌بر یعنی سوخت مصرفی بی‌فایده بوده و برای این‌کـار نیاز به ابزار علمی دقیق می‌باشد. دوم این‌که، با توجه به مصرف بالای سوخت دیزل در بخش کشاورزی، یافتن راهکارهـای مناسـب جهـت کاهش مصرف سوخت ضروری بوده و این کار بـا داشـتن یـک مـدل مناسب به‌صورت راحت‌تر و شفاف‌تر عملی خواهد بود.

افزایش هزینه‌ی سوخت کشاورزی باعث شده است که در مصرف آن صرفه‌جویی شود تا هزینه‌ی تولید محصول کاهش یابد.

عمادی و همکاران در طی تحقیقی در زمینه‌ی تأثیر اندازه مزرعه بر میزان انرژی مصرفی و هزینه‌های ورودی تولید بادام زمینی در استان گیلان دریافتند که زمین‌های با مساحت بزرگ‌تر از یک هکتار سوخت دیزل کمتری در واحد سطح مصرف می‌کنند (Emadi *et al.*, 2015).

در طی مطالعه‌ای که توسط مقیمی و همکاران (Moghimi *et al.*, 2013) در مورد بررسی میزان مصرف انرژی و نیز ارزیابی مدل اقتصادسنجی بین منابع مختلف انرژی مصرف شده و عملکرد گندم تولیدی در شهرستان قروه انجام شد، تابع تولید کاب- داگلاس به‌عنوان بهترین مدل برای تبیین این ارتباط شناخته شد. صفا و همکاران (Safa *et al.*, 2009) از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی به‌منظور پیش‌بینی مصرف سوخت با در نظر گرفتن متغیرهای اجتماعی، جغرافیایی و فنی موثر در تولید گندم استفاده نمودند که در بین متغیرهای مورد مطالعه، میزان اسب بخار در هکتار و اندازه قطعات مزرعه به‌ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در میزان مصرف سوخت داشتند. استاندارد ASABE[6] (2006, 2009) به‌طور گسترده از تخمین سوخت مصرفی به‌منظور بودجه‌ریزی استفاده می‌کند. به

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منابع طبیعی همـدان، موسسـه تحقیقـات فنـی و مهندسـی کشـاورزی، سـازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۲- بخش تولیدات زراعی، شرکت کشت و صنعت مغان، ایران
۳- گـروه مهندسـی مکانیـک بیوسیسـتم، واحـد تاکسـتان، دانشـگاه آزاد اسـلامی، تاکستان، ایران
۴- بخش تحقیقات اقتصاد کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منـابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۵- بخش تحقیقات اقتصاد کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منـابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sa.abbasi@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/jam.v10i2.73385

6- American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)

طوری‌که مصرف سوخت (بر حسب گالن در ساعت) تابعی از توان پی‌تی‌او بیشترین کاربرد را دارد.

همچنین گریسو و همکاران یک مدل کلی به‌منظور پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور برای حالت‌های تمام‌بار و بارهای جزئی تخمین زدند. با استفاده از این مدل، امکان پیش‌بینی و صرفه‌جویی مصرف سوخت برای مدل‌های خاص از تراکتور و نیز در شرایط متفاوت از نظر نوع عملیات زراعی و نیز بار تراکتور فراهم گردید (Grisso *et al.*, 2008).

صفا و طباطبایی‌فر (SafaTabatabaeefar, 2008) کل سوخت مصرفی را در دو سامانه کشت گندم آبی و دیم شهرستان ساوه مورد ارزیابی قرار دادند که بیشترین میزان مصرف سوخت در تولید گندم آبی برابر ۵۹۸ و ۷۴ لیتر در هکتار به‌ترتیب برای دو سامانه کشت گندم آبی و دیم بوده است که در این میان بیشترین سهم سوخت مصرفی در سامانه کشت آبی مربوط به عملیات آبیاری (۷۸/۴ درصد) و بیشترین سهم مصرف سوخت در سیستم کشت دیم به عملیات خاک‌ورزی ۵۹ درصد) اختصاص داشته است. همچنین در مطالعه‌ای که توسط کاناکسی و همکاران (Canakci *et al.*, 2005) جهت ارزیابی سوخت مصرفی برای تولید گندم در منطقه آنتالیای ترکیه انجام شد، میزان کل سوخت مصرفی برابر ۶۷/۸ لیتر در هکتار برآورد شد که از این مقدار عملیات تهیه بستر با ۴۶/۵ لیتر بیشترین سهم را دارا بود؛ ضمن این‌که عملیات دیگر نظیر برداشت (۱۳/۵ لیتر)، حمل و نقل (۵/۷ لیتر)، کنترل آفات (۱ لیتر)، کوددهی (۰/۶ لیتر) و کاشت (۰/۵ لیتر) به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

در طی تحقیقی که در کشور هند توسط سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2002) به‌منظور بررسی میزان کل سوخت مصرفی برای سه محصول گندم، نخود سبز و ارزن صدفی انجام شد، نتایج نشان داد که برای تولید این محصولات به‌ترتیب ۵۹، ۲۲/۳ و ۲۸/۷ لیتر در هکتار سوخت گازوئیل و همچنین ۲۵۱/۲، ۸۲/۷ و ۵۹/۷ کیلووات در هکتار الکتریسیته نیاز است. همت و مصدقی (HemmatMossadeghi, 2001) گزارش نمودند که به‌کارگیری روش‌های صحیح خاک‌ورزی و انتخاب مناسب ادوات زراعی ازجمله عواملی هستند که می‌توانند علاوه بر کاهش میزان سوخت مصرفی سبب آلودگی کمتر محیطزیست گردند

براساس نوع سوخت و مقدار زمانی که تراکتور یا ماشین برای انجام عملیات کشاورزی صرف می‌کند، هزینه‌های مربوط به سوخت و روغن‌کاری حداقل از ۱۶ درصد تا بیش از ۴۵ درصد از کل هزینه‌های ماشینی را شامل می‌شود. لذا، شاخص مصرف سوخت نقش قابل ملاحظه‌ای در انتخاب و مدیریت تراکتور و تجهیزات زراعی دارد. همچنین، بیشتر مدل‌های بودجه‌ریزی از یک روش ساده برای تخمین مصرف سوخت دیزل استفاده می‌کنند لیکن، مدلی که شرایط واقعی عملیات زراعی را که به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف مدیریت ماشین‌های کشاورزی دربر داشته باشد مورد نیاز است (SiemensBowers, 1999). نتایج تحقیقات انجام شده در کشور نپال توسط شرستا (Shrestha, 1998) در دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۷۰ نشان داد که سهم سوخت مصرفی ۱۷ درصد از کل انرژی مزارع این کشور را تشکیل می‌دهد.

بورین و سارتوری (BorinSartori, 1997) گزارش نمودند که متوسط انرژی ورودی در هکتار متناسب با شدت عملیات خاک‌ورزی بود. وقتی عملیات خاک‌ورزی کاهش می‌یافت، مصرف سوخت کاهش و کارایی انرژی افزایش می‌یافت. آنها گزارش نمودند که ۳۰ درصد از کل انرژی ورودی در مزرعه صرف عملیات خاک‌ورزی می‌شود. نتایج حاصل از مطالعه انجام شده توسط پیمنتل و پیمنتل (PimentelPimentel, 1996) در آمریکا نیز مقدار مصرف سوخت برای تولید گندم را معادل ۷۳ لیتر در هکتار (۴۶ لیتر گازوئیل و ۲۷ لیتر بنزین) نشان داد. ایشان در تحقیق مشابه دیگری نتیجه گرفتند که ۲۵ درصد از کل انرژی مصرفی برای تولید ذرت در آمریکا مربوط به استفاده از ماشین‌ها و به موجب آن مصرف سوخت می‌باشد. بوناری و همکاران (Bonari *et al.*, 1995) در مطالعه‌ای نشان دادند که مدت انجام عملیات، مصرف سوخت، انرژی مورد نیاز و هزینه در شرایط حداقل خاک‌ورزی به میزان ۵۵ درصد کاهش می‌یابد، در حالی‌که عملکرد محصول گندم تغییر قابل‌توجهی نداشت. سایر تحقیقات نیز نشان دادند که عملیات خاک‌ورزی که به‌عنوان بخشی از عملیات زراعی جهت آماده‌سازی خاک زراعی انجام می‌شود بیشترین مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی را به خود اختصاص داده است (Pimentel *et al.*, 1973).

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در مورد پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور از مدل‌ها و روش‌های مختلفی استفاده شده است. لیکن، به چند دلیل ضرورت مطالعه حاضر قابل‌توجیه تشخیص داده شد: ۱- در هیچ‌کدام از مطالعات زمان‌های مربوط به عملیات مکانیزه به‌صورت مجزا در نظر گرفته نشده است، ۲- مدل‌ها عموماً به‌صورت کلی و بدون مطالعه بر روی یک مدل خاص از تراکتور انجام شده است. ۳- در بیشتر مدل‌های تعیین شده، به‌منظور پیش‌بینی مصرف سوخت نیاز به ابزار خاص برای اندازه‌گیری بوده که در خیلی از موارد سهولت کاربردی بودن آن‌ها به‌خصوص برای کشاورزان غیرممکن می‌باشد. لذا، با توجه به موارد گفته شده، تعیین و ارزیابی مدلی که ضمن داشتن دقت بالا، دارای پیچیدگی زیادی نباشد و صرفاً با داشتن اطلاعات موردنظر در مورد مساحت مزرعه و زمان صرف شده برای انجام عملیات مکانیزه بتواند سوخت مورد نیاز برای عملیات مکانیزه قابل انجام توسط تراکتور MF-399 را پیش‌بینی نماید، ضروری به نظر رسید. همچنین، در حال حاضر برای بودجه‌ریزی سالیانه از یک روش ساده برای تخمین سوخت دیزل استفاده می‌شود که اگر بر اساس عملیات واقعی در مزرعه باشد در امر

سیاست‌گذاری کشاورزی بسیار مفید خواهد بود. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند در برنامه‌ریزی سالیانه سوخت مورد نیاز بخش کشاورزی برای تولید گندم استفاده شده و نیز به‌عنوان یک ابزار علمی برای بودجه‌ریزی سالیانه‌ی بخشی از هزینه‌های جاری مکانیزاسیون به‌کار گرفته شود. هم‌چنین، نتایج حاصل از این مدل‌سازی می‌تواند در یافتن راهکارهای مفید به‌منظور کاهش مصرف انرژی در بخش کشاورزی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار موثر باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت موردی در شهرستان پارس‌آباد مغان واقع در شمال شهرستان استان اردبیل انجام شد. محصولات عمده مورد کشت در شهرستان پارس‌آباد مغان شامل گندم، جو، ذرت دانه‌ای، ذرت بذری، کلزا و چغندرقند می‌باشد. محصول نمونه در این مطالعه گندم آبی بوده که سطح زیرکشت آن برابر ۱۸۰۴۲ هکتار می‌باشد (Center, 2017).

در این مطالعه به‌منظور ایجاد شرایط همگن در بررسی مصرف سوخت دیزل و عدم تاثیر نوع و مدل تراکتور در آن، صرفاً مصرف سوخت دیزل توسط تراکتور MF-399 در نظر گرفته شد و زارعین نمونه نیز از بین دارندگان این نوع تراکتور نمونه‌گیری و انتخاب شدند.

روش نمونه‌گیری

انتخاب دارندگان تراکتور MF-399 شهرستان پارس‌آباد مغان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی انجام شده است. برای این منظور از روش کوکران بر اساس رابطه (۱) استفاده گردید (Cochran, 1963):

$$n=\frac{Nz^2pq}{Nd^2+z^2pq} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، n: تعداد نمونه، N: تعداد جامعه آماری (تعداد تراکتور MF-399 در شهرستان) که برابر ۲۱۲ دستگاه می‌باشد (Unnamed, 2013)، z: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، کـه در سـطح اطمینـان ۹۵٪ برابـر ۱/۹۶ مـی‌باشـد، p: درصـد زارعینـی کـه دارای تراکتـور MF-399 در شهرستان می‌باشند که در اینجا برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد، q: درصـد زارعینـی کـه فاقـد تراکتـور MF-399 در شهرسـتان هستند ($q=1-p$) که برابر ۰/۵ به‌دست می‌آید و d: مقدار اشتباه مجاز (که در این تحقیق برابر ۱۳ درصد در نظر گرفته شد).

به این ترتیب و با توجه به رابطه (۱) تعداد ۳۷ نمونه جهت مطالعه انتخاب گردید.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه در مورد سطح زیرکشت هریک از محصولات در قالب مصاحبه و زمان صرف شده برای انجام هریک از عملیات در هر هکتار با روش اندازه‌گیری مستقیم در مزرعه انجام شد. به طوری‌که در انجام هریک از عملیات زراعی، در شرایط واقعی که تراکتور در حال انجام عملیات بود، اقدام به نصب دو عدد میخ چوبی به فاصله ۴۰ متر نموده و زمان طی شدن حد فاصل این دو نشانگر با استفاده از تایمر اندازه‌گیری می‌شد. با مشخص بودن عرض کار دنباله‌بند، مساحت تحت عملیات محاسبه شده مشخص می‌شد.

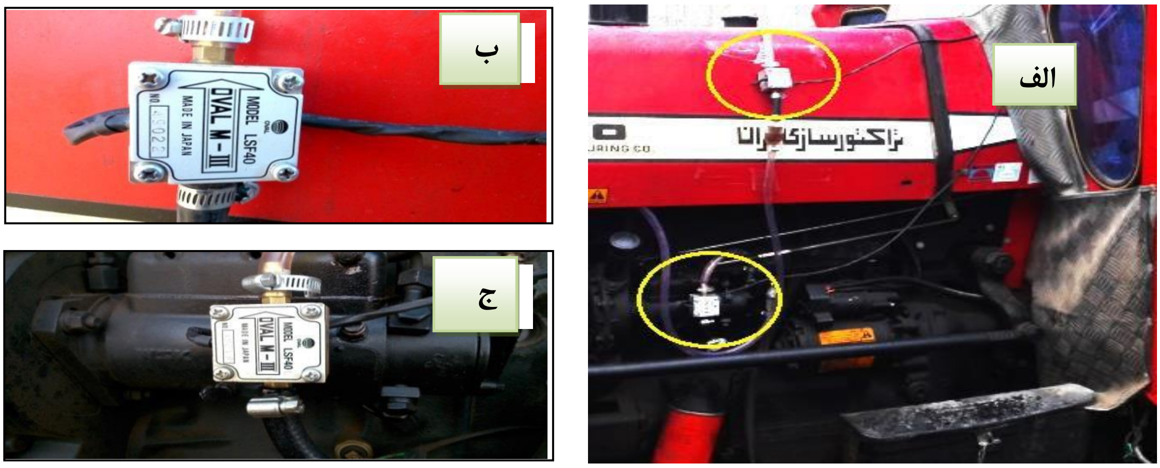
برای هریک از نمونه‌های منتخب میزان مصرف سوخت در عملیات زراعی استفاده از تراکتور (خاک‌ورزی، کاشت و داشت) از دو حسگر دبی‌سنج از نوع دنده‌بیضی با جابه‌جایی مثبت مدل (Super Oval Micro Flow Mate Oval Model Lsf40) ساخت شرکت Oval ژاپن استفاده شد. دقت این سوخت‌سنج ۱± درصد در محدوده‌ی کاری ۵۰-۱ لیتر در ساعت است. با توجه به این‌که در موتورهای دیزلی سوخت مازاد از پمپ انژکتور به باک سوخت برمی‌گردد، از این‌رو علاوه بر حسگری که در مسیر رفت سوخت به پمپ انژکتور قرار دارد، یک دبی‌سنج نیز در مسیر برگشت سوخت تعبیه شد تا از اختلاف جریان عبوری از دو حسگر میزان مصرف سوخت محاسبه شود (شکل ۱).

تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی

در این مطالعه، به‌منظور مدل‌سازی مصرف سوخت دیزل در تولید گندم آبی از دو پارامتر سطح زیرکشت و زمان انجام عملیات مکانیزه استفاده شد. به‌طوری‌که، عملیات مکانیزه مورد نظر که توسط تراکتور قابل انجام است شامل: عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت بوده و زمان انجام هریک از این عملیات در واحد سطح به همراه متغیر سطح زیرکشت گندم آبی به‌عنوان چهار متغیر مستقل در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به توضیح است با توجه به عدم به‌کارگیری تراکتور مورد نظر در عملیات برداشت گندم آبی، مصرف سوختی در این مرحله منظور نشده است.

در این مطالعه از روش رگرسیونی برای برقراری رابطه بین میزان مصرف سوخت دیزل و متغیرهای مستقل نامبرده استفاده شد. به ایـن منظـور از بـین انـواع مختلـف توابـع، از دو مـدل انعطـاف‌پـذیر و انعطاف‌ناپذیر استفاده شد که شامل تابع کاب داگلاس[1] و تابع متعـالی (ترانسندنتال[2]) بوده و فرم تبعی این دو تابع در روابط (۲) و (۳) نشـان داده شده است. دلیل انتخاب این دو تـابع سـاده بـودن، سـازگاری بـا منطق فیزیکی و قدرت تعمیم‌دهی آن بود. از این توابـع در تحقیقـات دیگری که در ایران و سایر کشورها انجـام شـده اسـت نیـز اسـتفاده گردیـده اسـت (BanaeianZangeneh, 2011; Mohammadi *et al.*, 2009)

1- Cobb- Douglas
2- Transcendental



شکل ۱- الف) محل قرارگیری حسگرهای دبی‌سنج در مسیر سوخت‌رسانی، ب) حسگر نصب شده در مسیر برگشت سوخت مازاد از انژکتورها و ج) حسگر نصب شده در مسیر ورودی سوخت به پمپ انژکتور

Fig.1. (a) The location of the flow meter sensors in the refueling path; (b) the sensor mounted on the fuel return path of the injectors; and (c) the sensor mounted on the fuel inlet path to the injector pump

$$Fuel_{diesel} = \alpha . A^{\beta_1} . T_1^{\beta_2} . T_2^{\beta_3} . T_3^{\beta_4} \quad (۲)$$

$$LnFuel_{diesel} = Ln\alpha + \beta_1 LnA + \beta_2 lnT_1 + \beta_3 lnT_2 + \beta_4 lnT_3 + \beta_5 A + \beta_6 T_1 + \beta_7 T_2 + \beta_8 T_3 \quad (۳)$$

که در آن، $Fuel_{diesel}$: میزان مصرف سوخت دیزل (بر حسب لیتر در هکتار)، A: سطح زیرکشت گندم آبی (بر حسب هکتار)، T_1: زمان انجام عملیات خاک‌ورزی (بر حسب ساعت در هکتار)، T_2: زمان انجام عملیات کاشت (بر حسب ساعت در هکتار)، T_3: زمان انجام عملیات داشت (بر حسب ساعت در هکتار) و α و β: ضرایب مدل.

اساساً اشکال مختلف تابع تولید در واقع سطح فن‌آوری را نشان می‌دهند. لذا برای انتخاب فرم برتر از میان فرم‌های مختلف توابع باید از معیارهای اقتصادسنجی بهره گرفت. تعداد پارامترهای کمتر، سادگی تفسیر، سادگی محاسبات، برازش مناسب، قدرت تعمیم‌دهی و پیش‌بینی از جمله معیارهای است که در تعیین الگوی اقتصادسنجی مفید هستند. مطابقت و سازگاری علامت‌ها و مقادیر پارامترهای تابع از معیارهای مهم در شناسایی الگوی برتر است. علاوه بر این، مطالعات تجربی نیز راهنمای خوبی برای انتخاب الگوی برتر است. آزمون‌ها و معیارهای اقتصادسنجی مناسبی نیز وجود دارد که به انتخاب الگوی مناسب کمک می‌کند. از جمله آن‌ها می‌توان به آزمون‌های نرمال بودن جملات اخلال، ضریب تبیین، آزمون F، آزمون معنی‌دار بودن ضرایب، آزمون وایت، آزمون به‌روش پاگان و آزمون پارک اشاره کرد. محاسبات آماری در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS16 انجام شده است.

نتایج و بحث

برای مقایسه بهترین شکل تابع سوخت از آزمون‌های مقایسه‌ی فرم توابع از جمله F حداقل مربعات مقید، آزمون LR[1]، آزمون وایت، آزمون بروچ گادفری،آزمون رمزی و آزمون درصد میانگین مطلق خطا[2] استفاده شد. جدول ۱ این آماره‌ها را نشان می‌دهد. همچنین با محاسبه آماره‌های تشخیص (ضریب خوبی برازش)، نرمال بودن توزیع جملات اخلال و نیز ناهمسانی واریانس مشخص شد که هر دو فرم قابل‌قبول هستند. لذا برای انتخاب بهترین فرم تابع از میان دو مدل کاب-داگلاس و ترانسندنتال (تابع دوم به‌عنوان تابع غیرمقید و تابع اول به‌عنوان تابع مقید در نظر گرفته شد) از آزمون نسبت درست‌نمایی استفاده شده است. نتایج این آزمون ($LR=6.08^{ns}$) در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس آماره LR آماره صفر مبنی بر نبود اختلاف بین دو مدل مقید (کاب-داگلاس) و غیر مقید (متعالی) رد نمی‌شود لیکن، مدل مقید به دلیل سادگی و قدرت توضیح‌دهی بالاتر، بر مدل متعالی ارجحیت دارد. برتری مدل کاب- داگلاس بر مدل متعالی در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل بر اساس متغیرهای سطح زیرکشت و عملکرد زمانی، تأییدی بر مطالعه مقیمی و دیگران (Moghimi *et al.*, 2013) در انتخاب مدل کاب- داگلاس در ارزیابی اقتصادسنجی بین منابع مختلف انرژی و تولید گندم می‌باشد.

بنابراین مدل کاب-داگلاس برای تحلیل انتخاب شد. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص شد، مقدار ضریب تبیین تعدیل شده در مدل کاب- داگلاس برابر با ۰/۷۹ است. این شاخص نشان می‌دهد که ۷۹ درصد تغییرات در مصرف سوخت توسط متغیرهای مستقل مورد بررسی (سطح زیرکشت گندم و عملکرد زمانی عملیات مکانیزه‌ی

1- Likelihood Ratio Test
2- Mean Absolute Percentage Eroor (MAPE)

خاک‌ورزی، کاشت و داشت) قابل تبیین است. معنی‌دار بودن مقدار F در سطح احتمال صفر درصد نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن تمام ضرایب تابع به‌طور هم‌زمان می‌باشد (ضرایب مخالف صفر هستند).

جدول ۱– آماره‌های توابع دو مدل برآورد شده کاب–داگلاس و متعالی (یافته‌های تحقیق)

Table 1- Functional statistics of two predicted Cobb-Douglas and Transcendental models

متغیر مستقل Independent variable	مدل کاب داگلاس Cobb-Douglas	مدل متعالی Transcendental model
	ضریب Coefficient	ضریب Coefficient
β_0[1]	3.71*	3.89*
lnA	-0.012**	0.008**
lnT_1	0.6*	0.101*
lnT_2	0.04*	0.4*
lnT_3	0.08**	-0.144*
A	-	0.001^{ns}
T_1	-	0.07*
T_2	-	-0.14^{ns}
T_3	-	0.19*

*، ** و ***: به‌ترتیب نمایان‌گر معنی‌دار بودن در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است. ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری است.

*,** and ***: it was significant at the 1, 5 and 10% level, respectively. ns indicates no significant.

پس از بررسی و مقایسه کلی دو مدل، بررسی معنی‌داری ضرایب نیز در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به یادآوری است که از روش حداقل مربعات معمولی[2] به‌منظور محاسبه‌ی ضرایب مربوط به مدل‌ها استفاده شده است. ضرایب متغیرها در این مدل (کاب–داگلاس) نشان می‌دهد که در سطح یک یا پنج درصد معنی‌دار است. دو ضریب عرض از مبدأ و ضریب مربوط به متغیر زمان انجام عملیات خاک‌ورزی و عملیات کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. ضریب مربوط به زمان انجام عملیات داشت و ضریب مربوط به سطح زیرکشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. در فرم متعالی از ده پارامتر موجود در مدل دو پارامتر معنی‌دار نبود.

به‌منظور بررسی نرمال بودن مقادیر خطای مربوط بـه پـیش‌بینـی میزان مصرف سوخت دیزل در مـدل کـاب– داگـلاس و نیـز مقـادیر مشاهده شده، نتایج مربوط در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شـده اسـت. بـر اساس شکل ۲، توزیع خطای استاندارد مقادیر پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در مدل کاب– داگلاس تقریباً به‌صورت نرمال می‌باشد.

همچنین در شکل ۳ وضعیت نرمال بودن توزیع خطا بـه‌صـورت تصویری نمایش داده شده است. براساس ایـن تصـویر توزیـع مقـادیر خطا در مدل کاب– داگلاس تقریباً در وضعیت نرمال قرار دارد.

1- $\beta 0 = Ln\alpha$

2- OLS

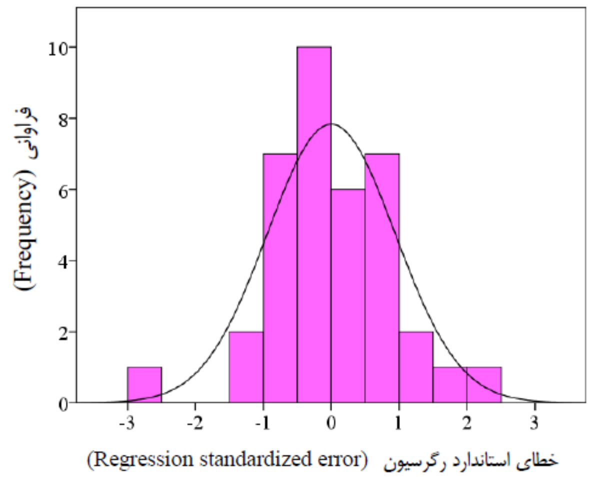
جدول ۲– ضرایب تابع مصرف سوخت به دو فرم کاب–داگلاس و متعالی

Table 2- Fuel consumption function coefficients in Cobb-Douglas and Transcendental forms

نوع مدل Model	کاب داگلاس Cobb-Douglas	متعالی Transcendental
$\bar{R}^2$	0.79	0.76
F	28.849*	17.97*
Test of Hypothesis Mean	0.004^{ns}	0.31^{ns}
Ramsey RESET	0.9^{ns}	1.01^{ns}
White	1.6^{ns}	0.78^{ns}
Breusch-Godfrey	0.38^{ns}	0.09^{ns}
Jarque-Bera	0.004^{ns}	0.028^{ns}
تابع درستنمایی LR=6.08^{ns}	12.5	4.5
MAPE	9.86	8.2

* و ** به‌ترتیب نمایان‌گر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱، ۵ درصد. ns نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری.

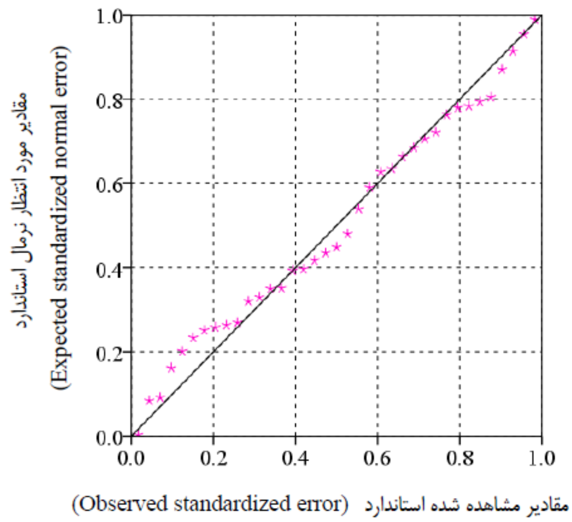
*, and **: it was significant at the 1 and 5% level, respectively. ns indicates no significant.



شکل ۲– توزیع خطای استاندارد مقادیر پیش‌بینی شده‌ی میزان سوخت مصرفی

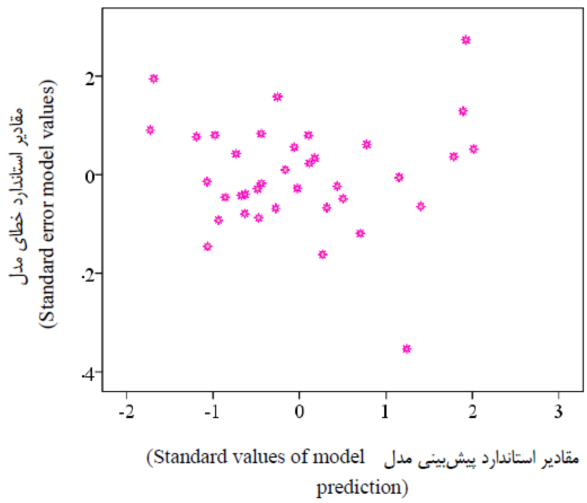
Fig.2. Distribution of Standard Error of Estimated Fuel Consumption

در شکل ۳ وضعیت استقلال خطاهای مـدل کـاب– داگـلاس از مقادیر پیش‌بینی مصرف سوخت دیزل به‌صورت تصـویری نشـان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پراکندگی مقـادیر خطـا در مدل کاب– داگلاس تقریباً مستقل از مقادیر پیش‌بینـی در ایـن مـدل بوده و ضمن وجود تقارن حول محور صفر (در محور افقی) منطبق بـا طرح خاصی نمی‌باشد. به بیان دیگـر، مـدل کـاب– داگـلاس از نظـر آزمون ناهمسانی واریانس نیز مورد تایید بوده و اختلاف معنی‌داری در مقادیر سوخت دیزل مصـرفی در تکرارهـای مختلـف وجـود نخواهـد داشت.



شکل ۳- آزمون تصویری وضعیت نرمال بودن توزیع خطا

Fig.3. Visual testing status of normal error distribution



شکل ٤- آزمون تصویری وضعیت استقلال خطا در مدل پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزلی

Fig.4. Figurative independent error test in diesel fuel consumption prediction model

با توجه به شاخص‌های اقتصادسنجی و آماری، مدل کاب-داگلاس با پنج جمله و چهار متغیر مستقل، دارای توانایی قابل قبول در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در انجام عملیات مکانیزه گندم آبی مطابق رابطه (۴) می‌باشد:

$$Fuel_{diesel} = 40.85A^{-0.012}T_1^{0.6}T_2^{0.04}T_3^{0.08} \quad (۴)$$

حال که بر اساس شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی بهترین مدل برای پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل برای انجام عملیات مکانیزه گندم آبی به‌دست آمد، لازم است که ماهیت استفاده از این مدل روشن‌تر شده و میزان تغییرات مصرف سوخت در ازای تغییرات مربوط به هریک از پارامترهای زراعی و ماشینی مشخص شود تا این‌که بتوان از مدل به‌دست آمده که به‌عنوان یک ابزار مدیریتی در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی محسوب می‌شود، علاوه بر پیش‌بینی میزان سوخت مورد نیاز، بتوان تمهیدات و راه‌کارهای مناسب در جهت کاهش میزان مصرف سوخت اتخاذ نمود.

در مدل کاب-داگلاس ضرایب دارای نقش کشش[1] می‌باشند. بدین معنی که با تغییر یک درصد در متغیرهای مستقل نشان می‌دهد که چند درصد میزان مصرف سوخت تغییر می‌کنند. بر اساس مدل تخمین زده شده (رابطه ۲)، مشخص است که افزایش سطح زیرکشت دارای کشش منفی در میزان مصرف سوخت دیزل دارد که البته این تاثیر بسیار اندک می‌باشد. به‌طوری‌که، در ازای افزایش هر ۱ درصد در مقدار سطح زیرکشت، میزان مصرف سوخت دیزل به میزان ۰/۰۱۲ درصد کاهش می‌یابد. این نتیجه با ماهیت انجام عملیات مکانیزه سازگار می‌باشد. چرا که در شرایط یکسان و صرفاً با افزایش سطح زیرکشت، تعداد دفعات دور زدن‌ها کاهش یافته و متناسب با آن، زمان‌های غیرمفید انجام عملیات و در نهایت میزان مصرف سوخت کاهش می‌یابد. این نتیجه تأییدی بر نتایج به‌دست آمده از تحقیق صفا و دیگران (Safa *et al.*, 2009) است.

همچنین بر اساس مدل تخمین زده شده، مدت زمان انجام عملیات خاک‌ورزی دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل و در بین سایر متغیرهای مدل، بالاترین کشش را دارد. به طوری‌که، در ازای کاهش ۱ درصد در مدت زمان انجام عملیات خاک‌ورزی، ۰/۶ درصد مصرف سوخت دیزل کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعات انجام یافته توسط بورین و سارتوری، کاناکسی و همکاران، همت و مصدقی، پیمنتل و همکاران و صفا و طباطبایی‌فر (BorinSartori, 1997; Canakci *et al.*, 2005; HemmatMossadeghi, 2001; Pimentel *et al.*, 1973; SafaTabatabaeefar, 2008) هم‌سو می‌باشد. لازم به ذکر است که متوسط زمان لازم برای عملیات خاک‌ورزی ۳۸۷/۶ دقیقه در هکتار است که در صورت کاهش یک درصد این زمان (۳/۹ دقیقه) به میزان ۰/۳۳ لیتر در هکتار در مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد. بدین‌ترتیب ارزش میزان گازوئیل صرفه‌جویی شده حدوداً ۹۹۰ ریال در هکتار و به اندازه ۶/۷ درصد ارزش هر کیلوگرم از گندم تولید شده خواهد شد. بنابراین در صورت کاهش زمان عملیات در سطح کلان کشور رقم قابل‌توجهی هزینه صرفه‌جویی خواهد شد. لذا ضروری است مدیران مزرعه مدیریت زمان را در انجام عملیات خاک‌ورزی جدی گرفته و در جهت کاهش این زمان تلاش کنند.

بر اساس مدل تخمین زده شده، مدت زمان انجام عملیات کاشت نیز دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل دارد.

1- Elasticity

به‌طوری‌که، در ازای کاهش ۱ درصد در مدت زمان انجام عملیات کاشت، به میزان ۰/۰۴ درصد مصرف سوخت دیزل کاهش می‌یابد. البته مشخص است که میزان تاثیر افزایش مدت زمان انجام عملیات کاشت در افزایش مصرف سوخت کمتر از مقدار مربوطه در عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. لازم به ذکر است که متوسط زمان لازم برای عملیات کاشت ۱۴۸/۲ دقیقه در هکتار است که در صورت کاهش یک درصد این زمان (۱/۵ دقیقه) به میزان ۰/۰۰۸ لیتر در هکتار در مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد. بدین‌ترتیب ارزش میزان گازوئیل صرفه‌جویی شده حدوداً ۲۴ ریال در هکتار و به اندازه ۰/۲ درصد ارزش هر کیلوگرم از گندم تولید شده خواهد شد.

مدت زمان انجام عملیات داشت نیز دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل می‌باشد. به‌طوری‌که، در ازای کاهش هر ۱ درصد در مدت زمان انجام عملیات داشت، به میزان ۰/۰۸ درصد مصرف سوخت دیزل کاهش می‌یابد. در اینجا نیز مشخص است که تاثیر مدت زمان انجام عملیات داشت در مصرف سوخت در مقایسه با عملیات خاک‌ورزی کمتر است. لازم به ذکر است که متوسط زمان لازم برای عملیات داشت ۷۱/۴ دقیقه در هکتار است، که در صورت کاهش یک درصد این زمان (۰/۷ دقیقه) به میزان ۰/۰۰۵ لیتر در هکتار در مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد. بدین‌ترتیب ارزش میزان گازوئیل صرفه‌جویی شده حدوداً ۱۵ ریال در هکتار و به اندازه ۰/۱ درصد ارزش هر کیلوگرم از گندم تولید شده خواهد شد.

نتیجه‌گیری

اهم نتایج به‌دست آمده و پیشنهادهای مورد نظر در این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

۱- استفاده از مدل کاب- داگلاس با پنج جمله و چهار متغیر مستقل شامل؛ سطح زیرکشت، زمان عملیات خاک‌ورزی، زمان عملیات کاشت و زمان عملیات داشت به‌منظور پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل برای تولید گندم آبی نتایج قابل قبول و معنی‌داری ارائه داد و به‌عنوان یک مدل پیش‌بینی‌کننده با پیچیدگی کم و لیکن با دقت بالا، می‌تواند به راحتی در بودجه‌ریزی سالیانه تولید گندم آبی مورد استفاده قرار گیرد. شکل ریاضی مدل به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Fuel_{diesel} = 40.85A^{-0.012}T_1^{0.6}T_2^{0.04}T_3^{0.08}$$

۲- در بین عملیات مکانیزه‌ی گندم آبی، افزایش مدت زمان عملیات خاک‌ورزی بیشترین تاثیر را در افزایش شدت مصرف سوخت دیزلی داشته و عملیات داشت و کاشت به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. به‌طوری‌که در صورت کاهش یک درصد در زمان عملیات خاک‌ورزی (۳/۹ دقیقه) به میزان ۰/۳۳ لیتر در هکتار در مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد. بدین‌ترتیب ارزش میزان گازوئیل صرفه‌جویی شده حدوداً ۹۹۰ ریال در هکتار و به اندازه ۶/۷ درصد ارزش هر کیلوگرم از گندم تولید شده خواهد شد. لذا ضروری است مدیران مزرعه مدیریت زمان را در انجام عملیات زراعی به‌خصوص در مرحله خاک‌ورزی جدی گرفته و در جهت کاهش این زمان تلاش کنند.

سپاسگزاری

به این وسیله، از همکاری کشاورزان شهرستان مغان در انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1- Banaeian, N. and M. Zangeneh. 2011. Modeling Energy Flow and Economic Analysis for walnut production in Iran. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology: 3:194-201.
2- Bonari, E. and M. Mazzoncini and A. Peruzzi. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage Research 33: 91-108.
3- Borin, M. and L. Sartori. 1997. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil and Tillage Research 40(3-4): 209-226.
4- Canakci, M., M. Topakci, I. Akinci and A. Ozmerzi. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region , Turkey. Energy Conversion and management 46: 655-666.
5- Center, I. S. 2017. Results of the census in 2011, revised in May 2013. Iran Statistics Center: Iran Statistics Center. Report no.
6- Cochran, W. G. 1963. Sampling Techniques, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
7- Emadi, B., A. Nikkhah, M. Khojasteh Poor and S. H. Peyman. 2015. Effect of farm size on energy consumption and input costs for pinut production in Gillan province. Journal of Agricultural Machinery 5(1): 217-228.
8- Grisso, R. D. and D. H. Vaughan and G. T. Roberson. 2008. Fuel prediction for specific tractor models. Applied Engineering in Agriculture 24(4) 423-428.
9- Hemmat, A. and M. R. Mossadeghi. 2001. Tillage for production in low rainfall area. Author Godwin, R. G. Published research organization, education and agricultural extension.
10- Moghimi, M. R., B. Mohammadi Alasti, M. A. Hadad Drafsh, M. Abasgholipor ghadim and M. Taki. 2013. Energy consumption and assessment of econometric model between input and output for wheat production in Gorve country, Kordestan Province of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(20): 2342-2348.

11- Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi, H. Rafiee and . 2009. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.
12- Pimentel, D. and M. Pimentel. 1996. Food, Energy and Society. Pages 400. Niwet: Colorado Press, Taylor & Francis.
13- Pimentel, D., L. E. Hurd, A. C. Bellotti, M. J. Forster, I. N. Oka, O. D. Sholes and R. J. Whitman. 1973. Food production and the energy crisis. Science 182: 443-449.
14- Safa, M. and A. Tabatabaeefar. 2008. Fuel Consumption in Wheat Production in Irrigated and Dry Land Farming. World Journal of Agricultural Sciences 4(1): 86-90.
15- Safa, M. and S. Samarasinghe and M. Mohsen. 2009. Modeling fuel consumption in wheat production using neural networks. in 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns. Australia
16- Shrestha, B. L. 1998. Energy analysis in selected crop in Nepal.
17- Siemens, J. C. and W. W. Bowers. 1999. Machinery management: How to select machinery to fit the real needs of farm managers. John Deere Publishing. East Moline.
18- Singh, H. and D. Mishra and N. M. Nahar. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India, part I. Energy Conversion and Management 43: 2275-2286.
19- Unnamed. 2013. Census results of 2011. . Iran Statistical Center. (In Farsi).

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 337-346

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۴۶-۳۳۷

Estimation and Selection of Fuel Consumption Forecasting Model for MF399 Tractor (Case study: Pars Abad Region of Moghan)

S. Abbasi[1*], A. Shokri[2], M. Gholami parshokohi[3], S. M. Seyedan[4], A. Jafari[5]

Received: 09-06-2018
Accepted: 15-04-2019

Introduction: Considering the high consumption of diesel fuel in the agricultural sector, it is necessary to find solutions to reduce its consumption, and it will be feasible to have a convenient mathematical model more easily and transparently.

Fuel and lubrication costs range from at least 16% to more than 45% of total machine costs, depending on the type of fuel and the amount of time that the tractor or the machine carries out for agricultural operations. Therefore, the fuel consumption index has a significant role in the selection and management of tractors and agricultural equipment. Most budgeting models also use a simple method to estimate the consumption of diesel fuel, but it is needed a model that describes the real conditions of agronomic operations used to compare agricultural machinery management policies.

Materials and Methods: This case study was conducted in Parsabad city of Moghan, the northernmost province of Ardabil province. The main agricultural products in Pars-Abad Moghan include wheat, maize, maize, canola and sugar beet. The product of this study was irrigated wheat with a crop area of 18042 hectares.

In this study, in order to create homogeneous conditions in the study of diesel fuel consumption and the ineffectiveness of the type and model of tractor in it, only diesel fuel consumption was considered by the tractor MF-399. Selection of sample farmers was also carried out among owners of this type of tractor. Selection of owners of tractor MF-399 in Pars-Abad Moghan city was done by random sampling method. For this purpose, Cochran formula was used.

Two-way flexible and non-flexible models have been used to predict the diesel fuel consumption. The model used includes the Cobb-Douglas function and transcendental function. Statistical calculations in this study were performed using Excel software and SPSS16 software.

Results and Discussion: For comparing the best form of the fuel function, the test formulas for the comparison of the form of functions such as bounded least squared F, LR test, White test, Breusch-Godfrey test and Rigorous test were used. Diagnostic statisticians (well-fitting coefficient), the normal distribution of distorted sentences, and the heterogeneity of variance showed that both forms were acceptable. Based on the LR statistic, zero statistics did not rule out the discrepancy between the two coherent models (Cobb-Douglas) and non-dominant (transcendent), but the coherent model was preferable to be the transcendental model because of its simplicity and power of explanation.

According to the estimated model, the duration of soil tillage operations had a positive stretch in diesel fuel consumption and, among other variables, had the highest elongation. It should be noted that the average time required for tillage operations was 387.6 min ha^{-1}, which will save 0.31 L ha^{-1}, if one percent of this time (3.9 minutes) is reduced. Thus, the value of the amount of gasoline saved will be about 990 Rials per hectare and equal to 7.7 percent of the value of one kilogram of wheat. Therefore, if the operating time is reduced at the macro level of the country, a significant amount of cost will be saved. Therefore, it is imperative that farm managers take time management in serious soil tillage operations and try to reduce this time.

So that, in exchange for an increase of 1% over the duration of the tillage, a fuel consumption of 0.6% would be increased. It is also clear that an increase of 0.6% in fuel consumption for tillage operations is significant, indicating the fact that farm managers have made the need for time management, especially in the tillage operations, to reduce this time. According to the estimated model, the duration of the planting operation also had a positive stretch in the consumption of diesel fuel. So that, in exchange for an increase of 1% over the duration of the planting operation, a fuel consumption of 0.04% would be increased.

1- Research division of Agricultural Engineering, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan Province, Research Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Iran
2- Crop Production Department, Moghan Agro-Industry Co., Iran
3- Department of Biosystems Engineering, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
4 and 5- Research division of Agricultural Economic and Humanity, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan Province, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Iran
(*- Corresponding Author Email: sa.abbasi@areo.ir)

Conclusions: Use of the Cobb-Douglas model with five sentences and four independent variables including cropping area, soil tillage operation time, planting time and weeding operation time in order to predict the amount of diesel fuel used to produce wheat, had acceptable results and as a predictive model with low complexity but with high precision, can be easily used in annual budgeting for the production of wheat.

Keywords: Cobb-Douglas model, Diesel fuel, Farm size, Irrigation wheat, Operation time